



# 第十章 真实感图形

---

## 计算机图形学



## 第5、6章测评

- 1、请写出二维平移变换的齐次坐标矩阵表示。（20分）
- 2、给出窗口和视区的定义。（20分）
- 3、Cohen-Sutherland直线段裁剪算法中直线段与左边界交点的y坐标计算公式（15分）
- 4、平行投影得到的三视图有哪些？（15分）
- 5、请写出视点的直角坐标与球面坐标的关系。（15分）
- 6、请写出绕x轴的三维旋转变换矩阵。（15分）



## 第7章测评

- 1、什么是规则曲线曲面？什么是自由曲线曲面？
- 2、什么是插值？什么是逼近？
- 3、参数连续性与几何连续性的区别？
- 4、请写出二次、三次Bezier 曲线的参数方程。
- 5、请写出二次、三次B样条的参数方程。



## 第9章测评

- 1、写出三维物体的表示方法。（30分）
- 2、凸多面体消隐算法的关键是什么？（20分）
- 3、深度缓冲器算法原理。（50分）



## 本章主要内容:

- 10.1 颜色模型
- 10.2 简单光照模型
- 10.3 光滑着色
- 10.4 简单透明模型
- 10.5 简单阴影模型
- 10.6 纹理映射
- 10.7 本章小结
- 习题10



## 本章学习目标:

- 掌握RGB模型，初步了解HSV和CMYK模型
- 了解物体的材质属性
- 了解简单光照模型算法
- 了解Gouraud和Phong明暗处理算法了解简单透明模型、简单阴影模型算法
- 了解颜色纹理和图像纹理算法
- 了解三维纹理算法、几何纹理算法以及纹理反走样算法



# 计算机图形学

■ 综述 “图形学”和“图形系统”

■ 建模：曲线曲面造型

■ 观察：观察流水线、裁剪

■ 显示：消隐、光照



坐标系统  
基本图元  
几何变换



## ■ 用计算机生成三维场景的真实图形，需完成步骤：

- (1)在计算机中进行场景造型；
- (2)进行取景变换和透视变换；
- (3)进行消隐处理；
- (4)进行真实感图形绘制
- (5)扫描转换进行显示





## 真实感图形绘制

- 三维立体进行消隐后，已经生成了具有较强立体感的图形。要模拟真实世界，还必须借助颜色模型、光照模型和纹理映射等技术为其润色，才能产生真实感图形。
- 计算机图形学显示真实感图形学的方法和传统的照相技术很相似。照相的步骤为：架设相机、选择场景、拍摄照片、冲洗成像。事实上，在计算机图形学内，架设相机相当于选择视点、选择场景相当于确定图形显示的范围。拍摄照片相当于根据光照模型、物体材质，纹理方式等模型完成一系列图形变换，并进行透视投影。冲洗照片则是将三维场景消隐后显示在计算机二维屏幕上。



## 真实感图形绘制

- 这里需要特别说明的是目前真实感图形的开发一般使用OpenGL和DirectX等工具直接进行，这些工具是集成了计算机图形学基本原理和算法的开发环境。只要使用相关的命令，即可高质量地制作出真实感图形，并不需要如本书一样对计算机图形学的基本原理进行编程实现。



## 真实图像的生成

- 生成一副具有真实感的图形,关键在于计算成像平面的空间辐射能量分布,在一个漆黑的环境中,人们将什么都看不见,因此成像平面的空间辐射能量分布计算的**核心**在于如何**仿真光源**发出的光线在物体间传播.



## 真实图像的生成

- 在现实世界中,光的照明效果一般包括光的反射、透射、表面纹理和阴影。一般把在已知物体物理形态和光源性质的条件下,能计算出场景的光照明的数学模型称为**光照明模型**,这种模型可以用描述**物体表面光强度**的物理公式推导出来。
- 光照明模型反映光源直接照射物体的结果,还能模拟物体之间光的相互作用。



## 真实图像的生成

- 即根据假定的光照条件和景物外观因素，依据一定的光照模型，计算可见面投射到观察者眼中的光强度大小，并将它转换成适合图形设备的颜色值，生成投影画面上每一个像素的光强度，使观察者产生身临其境的感觉。



## 影响观察者看到的表面颜色的因素

- ①物体的几何形状
- ②光源 位置、距离、颜色、数量、强度、种类
- ③环境 遮挡关系、光的反射与折射、阴影
- ④视点位置
- ⑤物性 材料、颜色、透明度 折射性
- ⑥表面光洁度



- 颜色模型
- 光照模型
- 纹理及纹理映射



## 10.1 颜色模型

- 颜色是外来的光线刺激人的视觉器官而产生的主观感觉。物体的颜色不仅取决于物体本身，还与光源、环境以及观察者的视觉系统有关系。
- 从视觉角度，颜色包含三个要素：色调（Hue）、饱和度（Saturation）和亮度（Lightness）。





## 颜色模型

- **色调** (Hue) 是一种颜色区别于其它颜色的基本要素，如红、绿、蓝、紫等，当人们谈论颜色时，实际上是指它的色调；
- **饱和度** (Saturation) 是指颜色的纯度，纯色是没有与任何颜色相混合的颜色，纯度为全饱和。在某种颜色中加入白色相当于降低了该颜色的饱和度，鲜红色饱和度高，粉红色饱和度低。
- **亮度** (Lightness) 是光照的强度。



## 颜色模型

■从光学的量化角度出发，颜色的三个特性分别为：**主波长**、**纯度**和**明度**。

**主波长**是产生颜色的光的波长，对应于视觉感知的色调  
光的**纯度**对应于饱和度;**明度**就是光的亮度。



## 颜色模型

■从物理学角度出发，光是波长为400nm至700 nm电磁波被我们的视觉系统感知为颜色。

■光的光谱能量分布不同，感知到的颜色可能不同

•可见光频率范围：

红 橙 黄 绿 蓝 紫

$4.3 \times 10^{14} \text{Hz}$  ———  $7.5 \times 10^{14}$



红

橙 黄

绿

青

蓝

紫（品红）

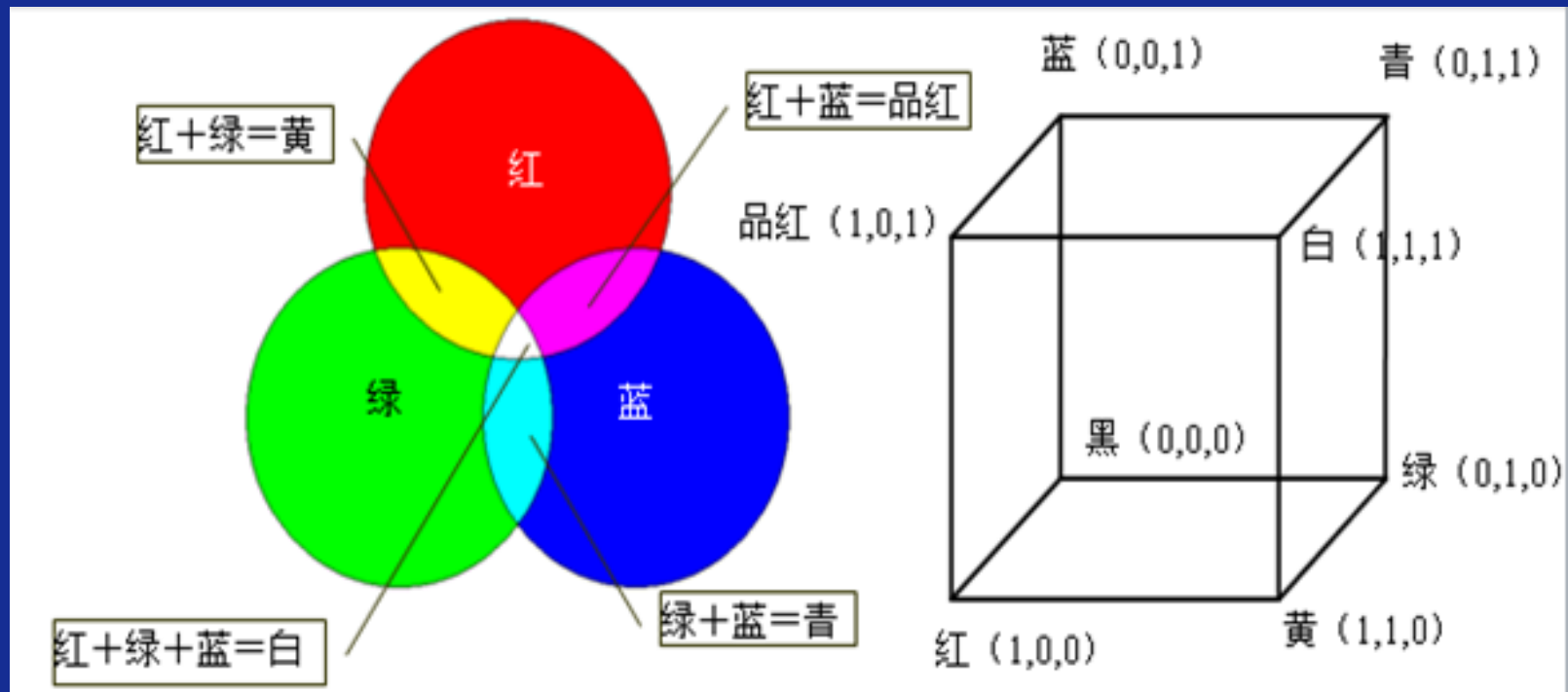


## 颜色模型

- 颜色模型是指某个三维颜色空间中的一个可见光子集，它包含某个颜色域的所有颜色。
- 图形学中一般采用三基色颜色系统，目前的光栅扫描显示器就采用这种系统。在光照明模型中，只需要分别计算R、G、B三个分量的光强值，就可以得到某个像素点上的颜色值，给人以某个颜色的感觉。

## 常用的颜色模型

- RGB颜色模型可以用一个三维立方体来表示。
- 顶点  $(0, 0, 0)$  代表黑色，顶点  $(1, 1, 1)$  代表白色。
- 坐标轴上的三个立方体顶点  $(1, 0, 0)$ 、 $(0, 1, 0)$ 、 $(0, 0, 1)$  分别表示RGB三原色

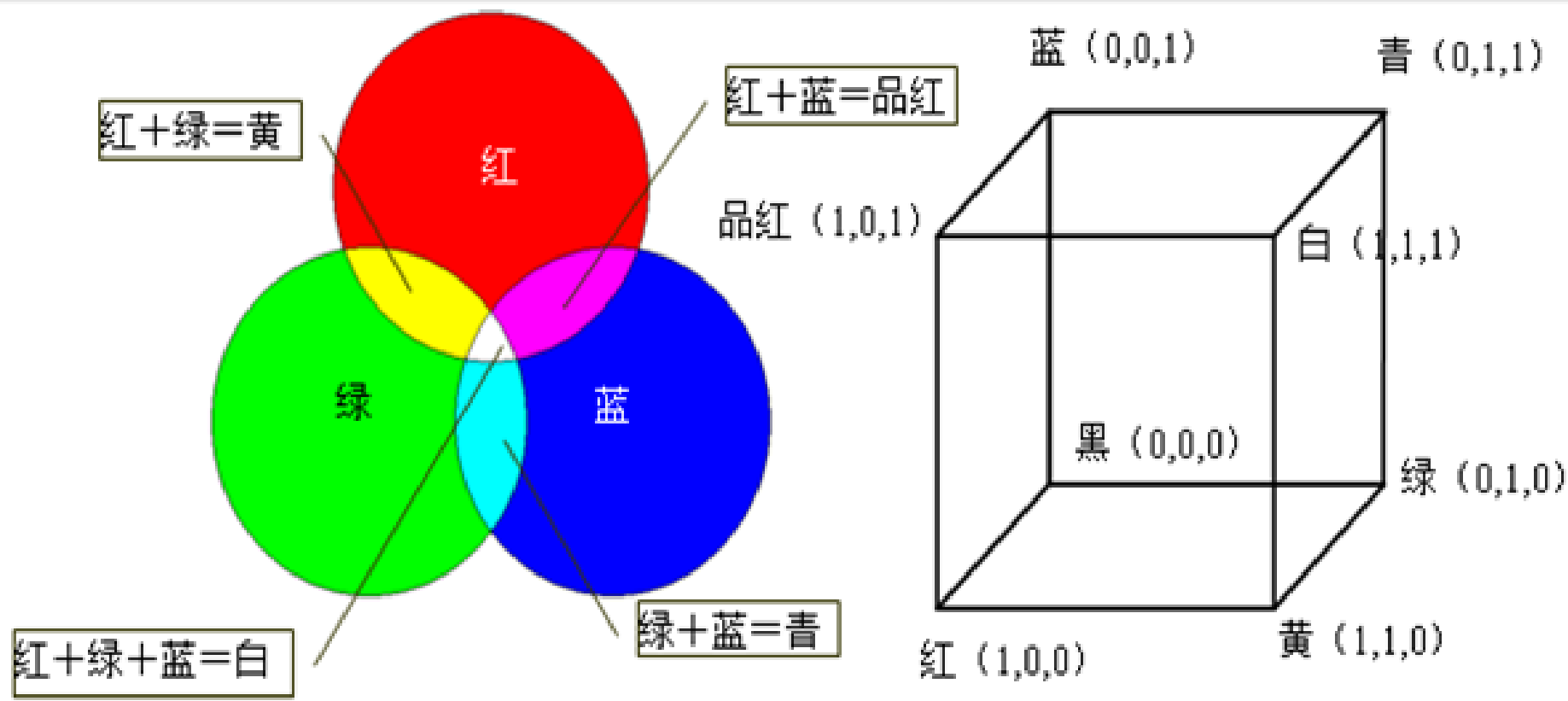




## 常用的颜色模型

- 余下的三个顶点  $(1, 0, 1)$ 、 $(1, 1, 0)$ 、 $(0, 1, 1)$  则表示每一个原色的补色，它们分别由同一平面上的两个相邻的顶点颜色混合而成。
- 在立方体的主对角线上，颜色从黑色原点过渡到白色顶点，各原色的变化数量相等，产生了由暗到明的颜色变化，这称为灰度颜色。
- 在具体实现时，可以使RGB函数的三个分量保持相等，就生成灰度色。例如RGB  $(0, 0, 0)$  代表黑色，RGB  $(255, 255, 255)$  代表白色，而RGB  $(128, 128, 128)$  代表其中一个灰度，但当R、G、B三种颜色的数值变化不同步时，就会显示出彩色。

## 颜色模型





## 常用的颜色模型

- 在计算机图形学中，为了对颜色进行融合以产生透明效果，往往还给RGB模型添加一个Alpha分量，形成RGBA模型。当两种颜色进行融合时，Alpha因子决定了两种颜色为融合操作各贡献了多少颜色成分。
- 在计算机上进行颜色设计时，可以选择RGB颜色模型。每个原色分量用一个字节表示，最大强度为255，最小强度为0。本节将颜色强度规范化为浮点数闭区间 $[0.0, 1.0]$ 范围内，使用时将颜色分量直接乘以常数255，再转换为字节类型就可以使用RGB函数来显示颜色。





# 常用的颜色模型

## ■HSV颜色模型

Hue色调、 Saturation饱和度、 Value明度

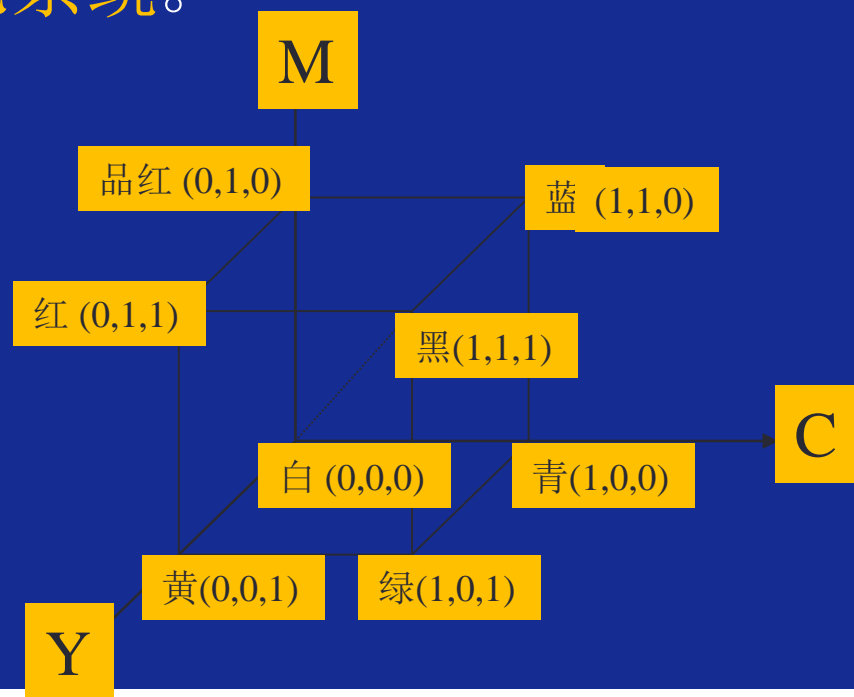
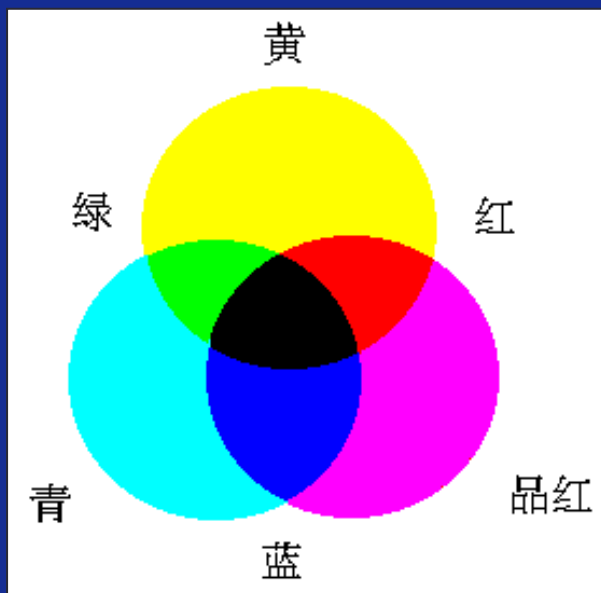
- 色调H是一种颜色区别于其他颜色的基本要素。
- 饱和度S是指颜色的纯度，没有与其他颜色混合的颜色，其纯度为全饱和，想降低饱和度可以在当前颜色中加入白色；
- 明度V是颜色的相对明暗程度，想降低明度可以加入黑色，明度最高得到白色，最低得到黑色。



# 常用的颜色模型

## ■CMYK颜色模型

也称为印刷颜色模型，以红、绿、蓝的补色 青 (cyan)、品红 (magenta)、黄 (yellow) (K表示黑色) 为原色构成的CMY颜色模型，即减性原色系统。





## 10.2 光照模型

- **光强（度）**：描述物体表面朝某方向辐射光的颜色，它既能表示光能大小又能表示其色彩组成的物理量。
- **光照模型**（Illumination model），也称明暗模型，计算机在特定光源的照射下，物体表面上一点投向视点的光强。主要用于物体表面某点处的光强度计算。即**计算某一点的光强度的模型**
  - 简单的光照模型
  - 复杂的光照明模型

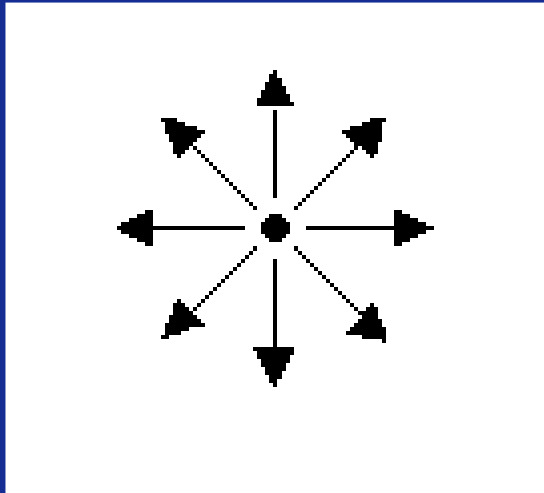


## 10.2 光照模型

- 光线照射到物体表面时，可能被物体吸收、反射或透射。光的反射和透射部分进入视觉系统，使我们能够看见物体。光的颜色由波长决定。一束白光含有所有可见波长的光。
- 白光照射物体时，只有所有可见光被物体等量吸收时才会呈现白色。如果不被等量吸收，物体会呈现出不同的颜色。光的亮度由光强决定，从物体表面反射出来的光强取决于光源的位置和光强、物体材质，物体表面位置、物体表面法线和视点的位置等因素。

## 点光源

- **点光源**：几何形状为一个点，位于空间中的某个位置，向周围所有的方向上辐射等强度的光。记其亮度为

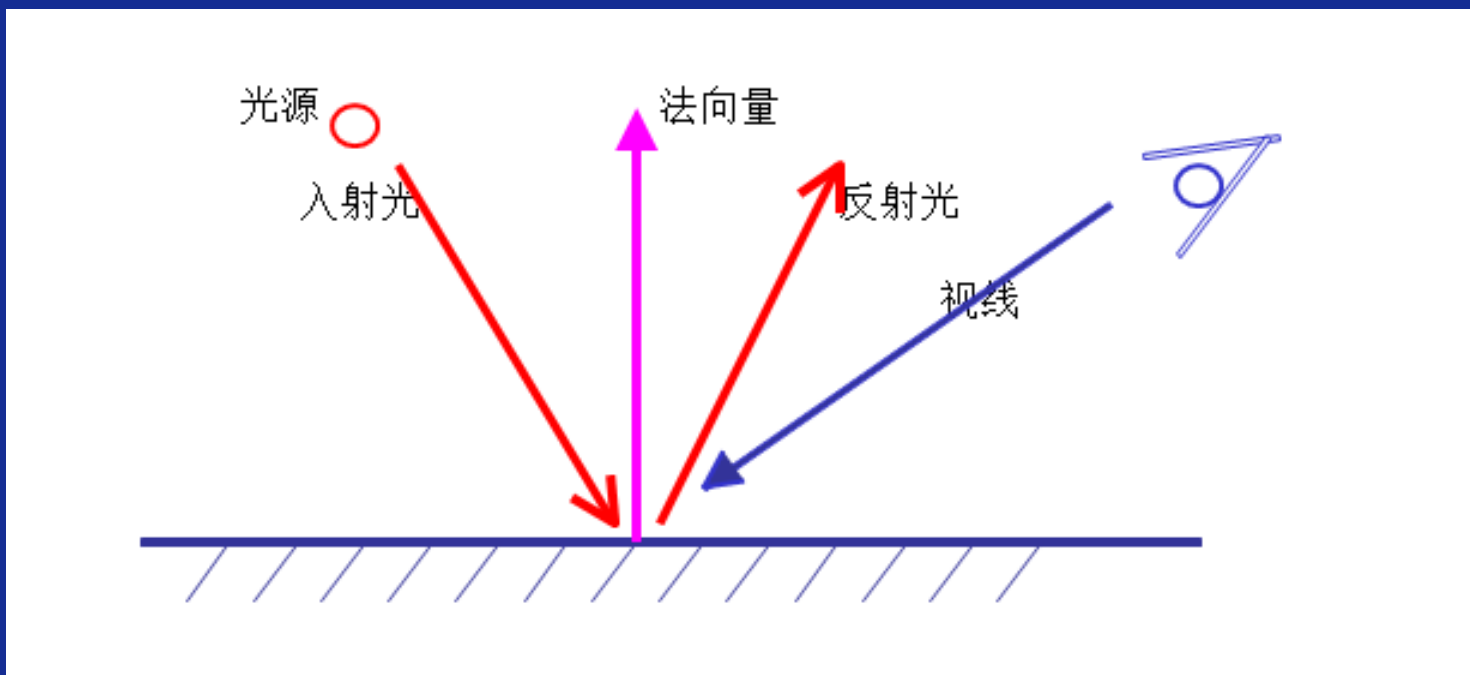
$$I_p$$


- **点光源的照射**：在物体的不同部分其亮度也不同，亮度的大小依赖于物体的朝向及它与点光源之间的距离。

## 相关物理知识

### ■光的传播

- 反射定律：入射角等于反射角，而且反射光线、入射光线与法向量在同一平面上

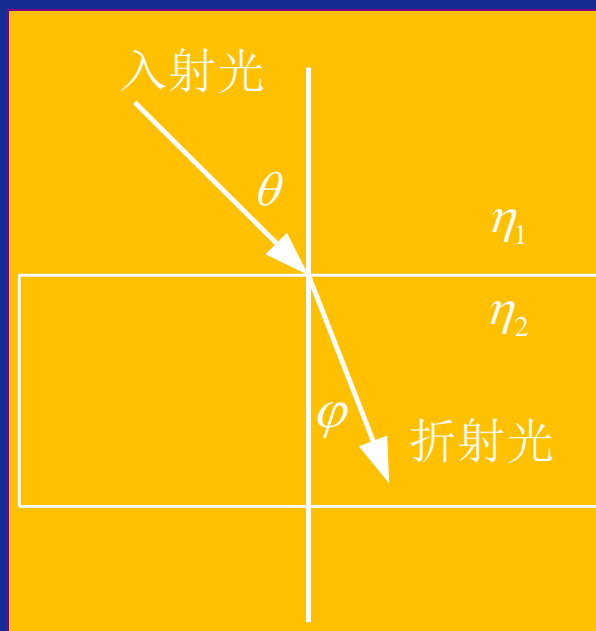




## 相关物理知识

### ■光的传播

- 折射定律：折射线在入射线与法线构成的平面上，折射角与入射角满足





## 相关知识

■ 光照射到物体表面，主要发生：

反射

透射（对透明物体）

部分被吸收成热能





## 相关知识

### ■ 能量关系

$$I_i = I_e + I_d + I_s + I_t + I_v$$

其中，下标为i、e、d、s、t、v的能量项分别表示为入射光强，环境光光强、漫反射光强，镜面反射光强，透射光强，吸收光强



# 光照明模型

- 计算机图形学的光照明模型分为**局部光照明模型**和**全局光照明模型**
- **局部光照明模型**仅考虑光源直接照射到物体表面所产生的效果，物体表面通常被假设为不透明且具有均匀的反射率。局部光照模型能表现出光源直接照射在漫反射物体表面上所形成的连续明暗色调、镜面的高光以及由于物体相互遮挡而形成的阴影。
- **全局光照明模型**除了考虑上述因素外，还考虑周围环境对物体表面的影响，能模拟镜面的映象、光的折射以及相邻表面之间的色彩辉映等精确的光照效果

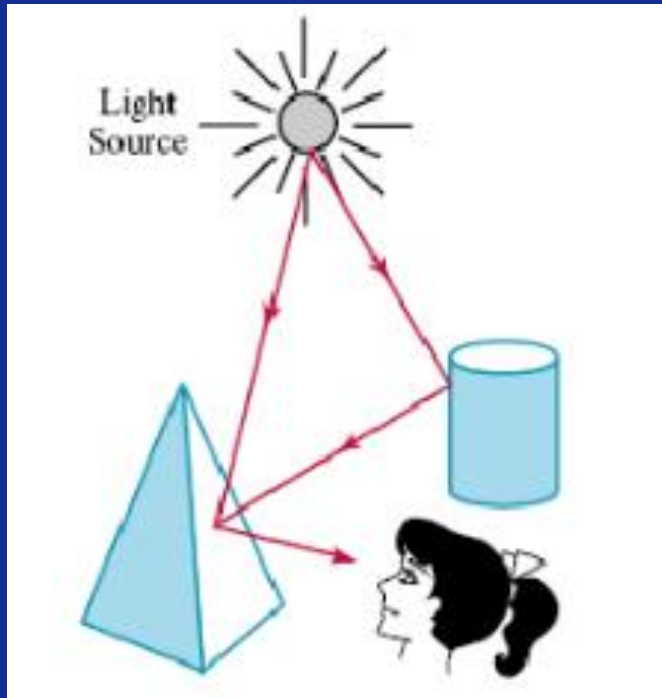


## 简单光照模型

- 1967年，Wylie等人第一次在显示物体时加进光照效果。
- 1970年，Bouknight提出第一个光反射模型，指出物体表面朝向是确定物体表面上一点光强的主要因素，用Lambert漫反射定律计算物体表面上各多边形的光强，对光照射不到的地方，用环境光代替。
- 1971年，Gourand提出漫反射模型加插值的思想。对多面体模型，用漫反射模型计算多边形顶点的光亮度，再用增量法插值计算。
- 1975年，Phong在Comm. ACM上发表论文，提出图形学中第一个有影响的光照明模型。**Phong模型**虽然只是一个经验模型，但是其真实度已达到可以接受的程度。

# 光源

■ **环境光**是指光源间对物体施加的明暗影响；是环境中其它物体散射到该物体表面后再反射出来的光；是在物体和环境之间多次反射，最终达到平衡的一种光。

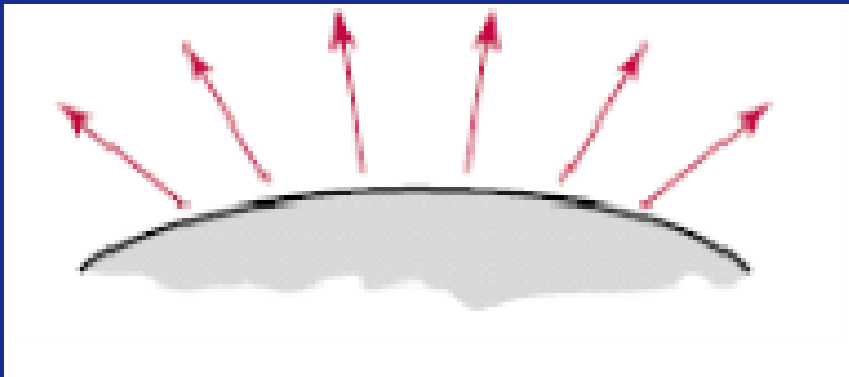


环境光+直接光照

# 光源

■漫反射光可以认为是在位置光源（点光源）的照射下，光被物体表面吸收后，然后重新反射出来的光。

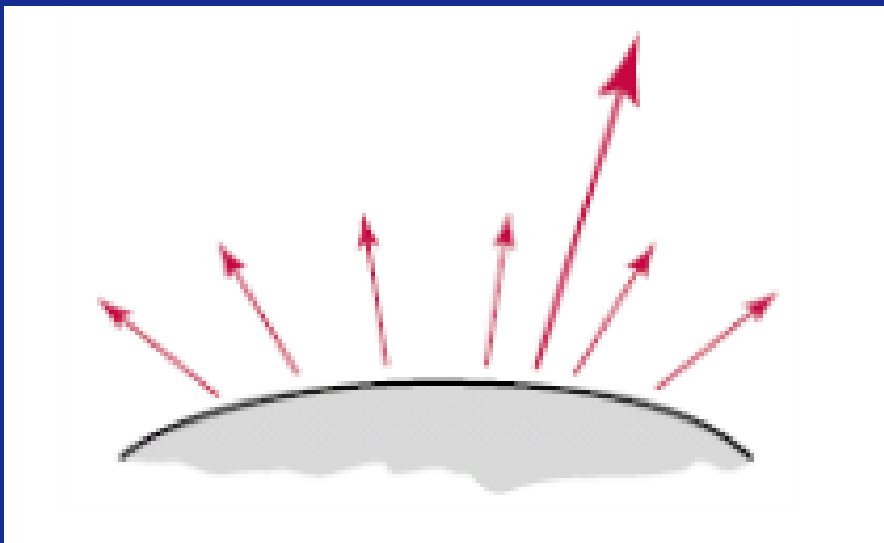
特点:与视点无关，由于漫反射才使物体清晰可见到。



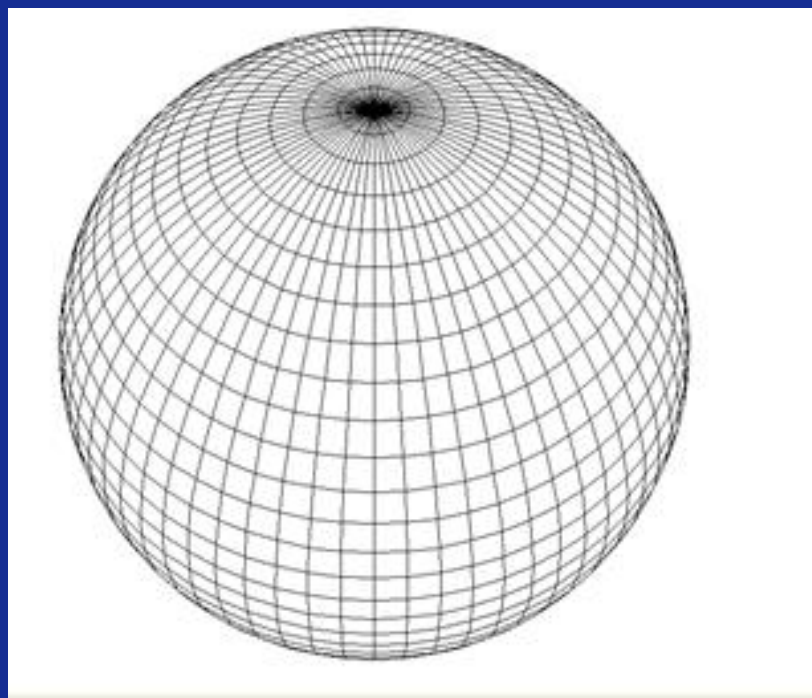
漫反射：  
从一点照射，  
均匀向各个方向  
散射

# 光源

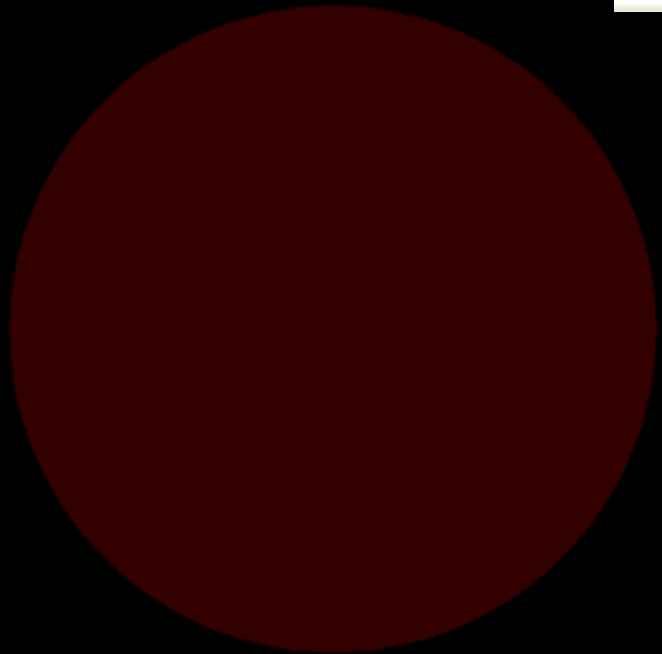
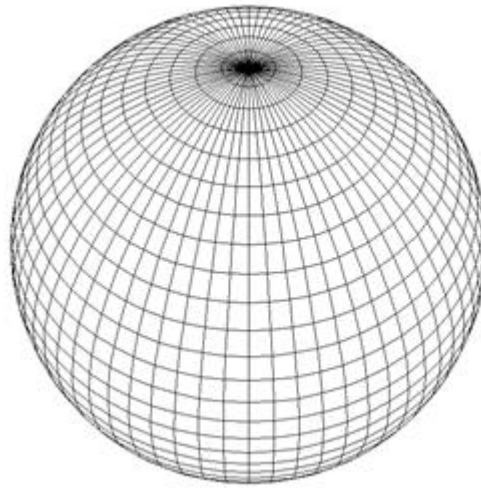
■ 镜面反射光是只朝一个方向反射的光。



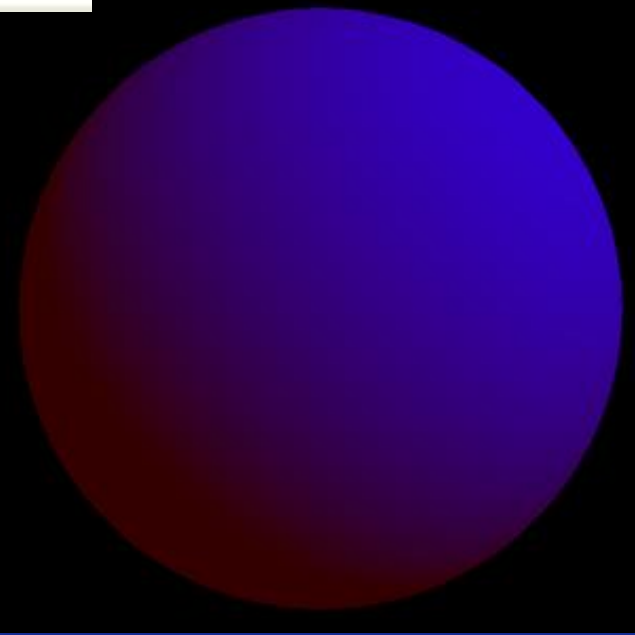
镜面反射：  
在光滑物体表面形成一片非常亮的区域



球的网格模型



无光照模型



有光照模型





## 材质模型

■ 材质 ( material ) 是指物体表面对光的反射特性，使用光的反射率来表示。。

同光源一样，材质也由环境色、漫反射色和镜面反射色等分量组成，分别说明了物体对环境光、漫反射光和镜面反射光的反射率反射程度。



## 材质模型

### ■ 材质影响物体的颜色

■ 在进行光照计算时，材质对环境光的反射率与光源的环境光相结合，对漫反射光的反射率与光源的漫反射光相结合，对镜面光的反射率与光源的镜面反射光相结合。对环境光与漫反射光的反射程度基本决定了材质的颜色，而且二者十分接近。对镜面反射光的反射率通常是白色或灰色（即对镜面反射光中红、绿、蓝三原色的反射率相同）。镜面反射高光最亮的地方将变成具有光源镜面光强度的颜色。



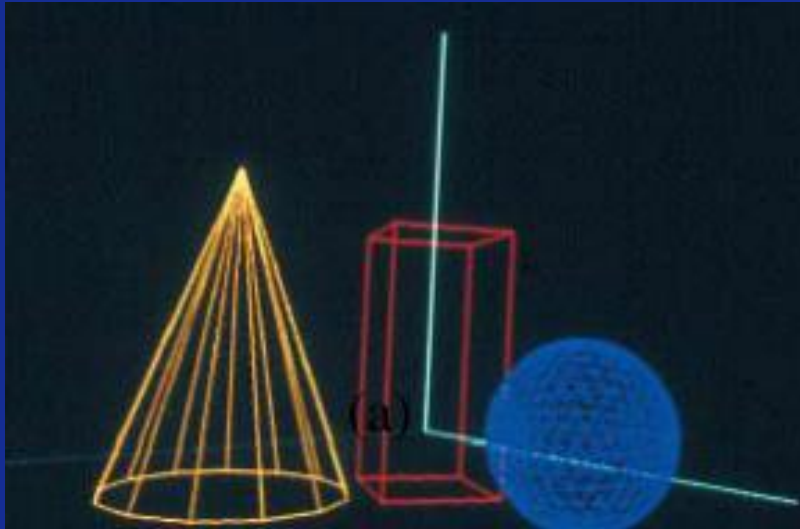
## 简单光照模型

- 简单光照明模型模拟物体表面**对光的反射作用**。光源被假定为点光源，反射作用被细分为镜面反射和漫反射。
- 简单光照明模型只考虑物体对直接光照的**反射作用**，而物体间的光反射作用只用环境光常量统一表示。

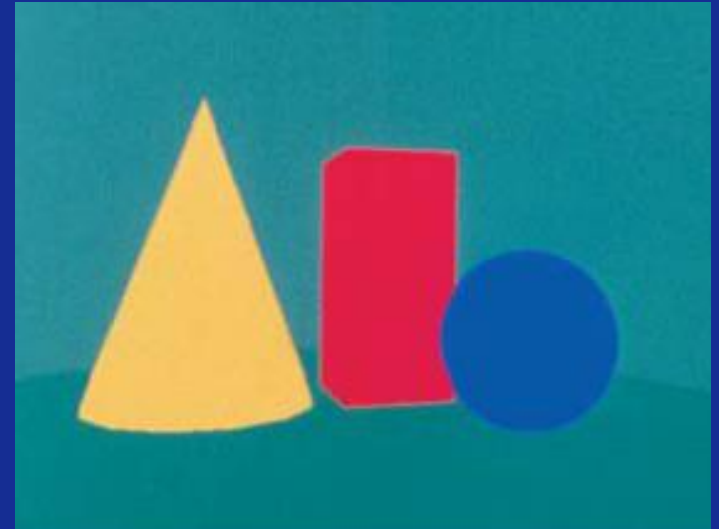
环境光引起的全局漫反射

点光源引起的漫反射

点光源引起的镜面反射



场景中的线框图



环境光



单个点光源，环境  
光和漫反射



单个点光源，环境  
光和镜面反射



## 环境光引起的全局漫反射

- **环境光** Ambient Light 景物没有受到光源的直接照射，但其表面仍具有一定亮度，使它们可见。
- 环境光在空间中是近似地均匀分布的，是一种全局光。  
环境光照明方程（数学模型）

$$I_e = K_{\alpha} I_{\alpha}$$

- 其中， $I_{\alpha}$  ——环境光的光强
- $K_{\alpha}$  ——物体（材质）对环境光的反射系数
- $I_e$  ——物体表面的亮度



## 简单光照模型

### ■漫反射光Diffuse Reflection

- 表面粗糙物体表面对光的反射
- 无论从哪点看，漫反射亮度相同。
- 漫反射方程（数学模型）郎伯余弦定理

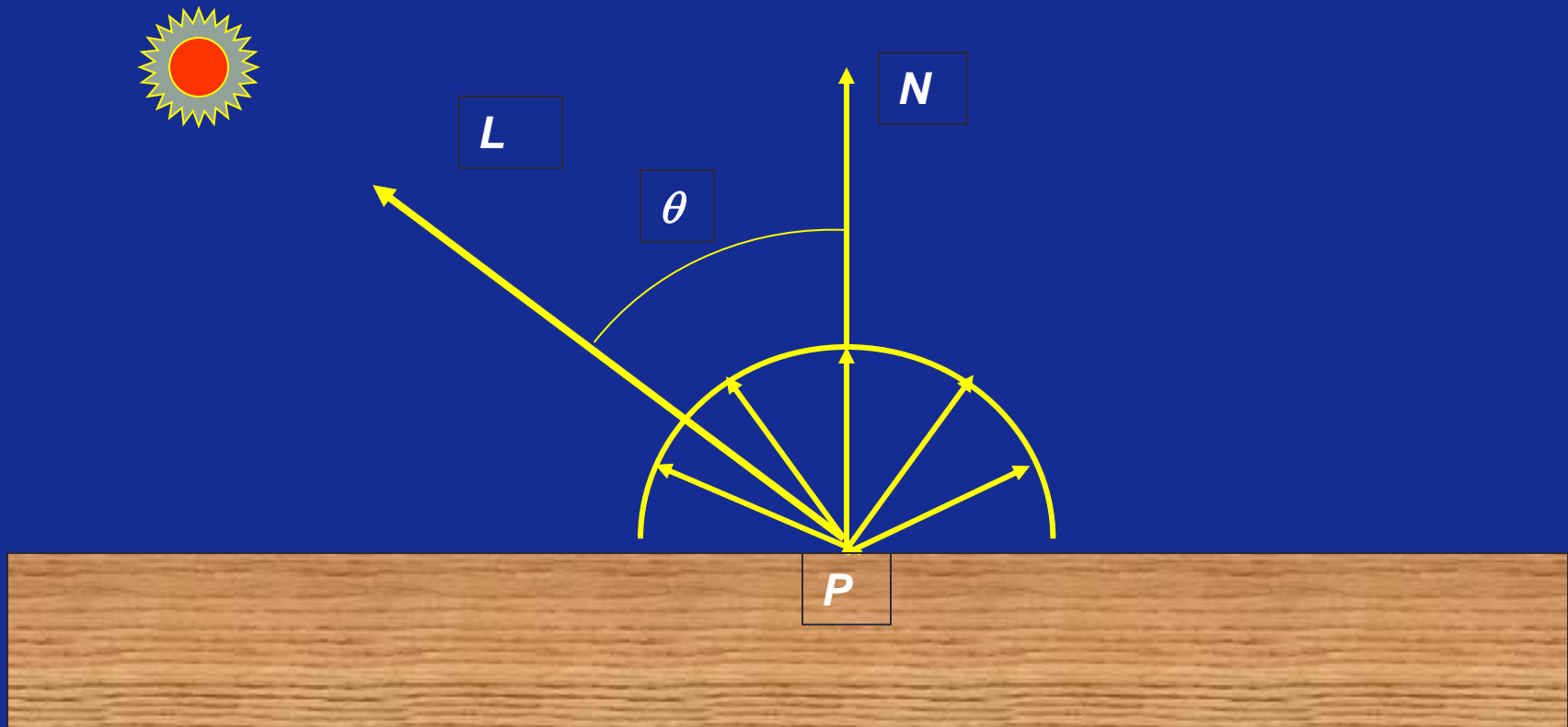
$$I_d = K_d I_p \cdot \cos \theta = K_d I_p \bullet (N \bullet L)$$

- 其中， $K_d$  ——漫反射率
- $I_p$  ——点光源的亮度
- $I_d$  ——漫反射的亮度



# 漫反射

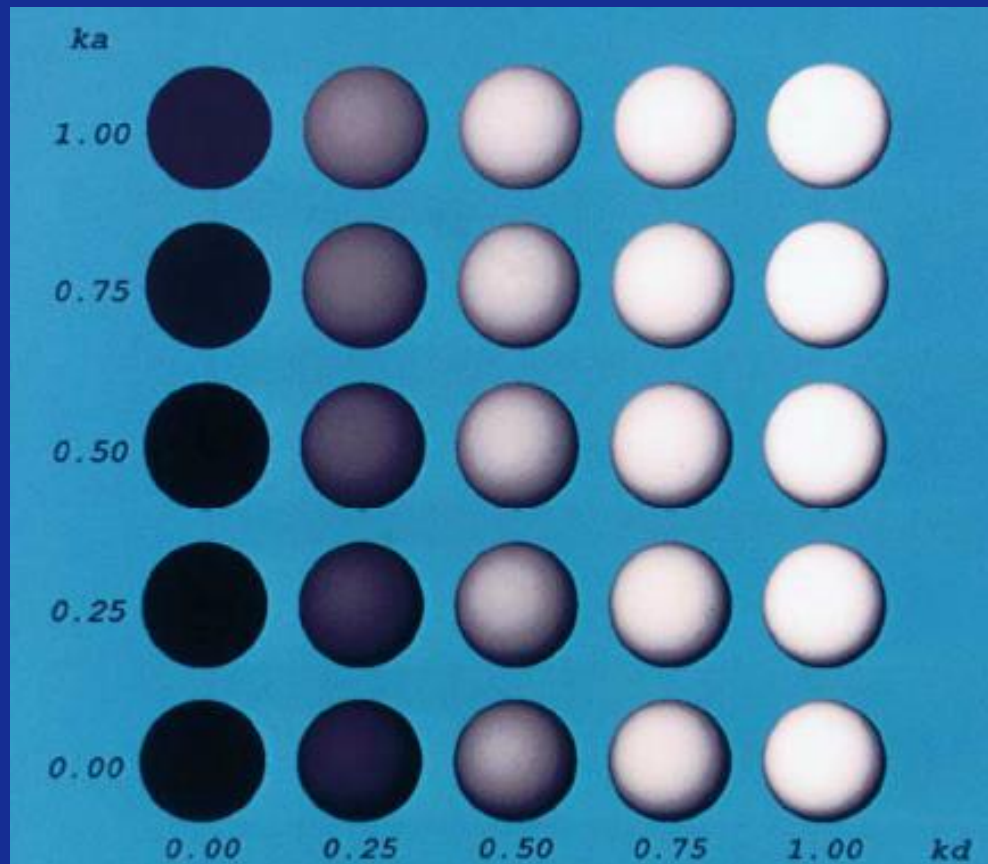
■漫反射只与入射角有关，而与反射角无关。





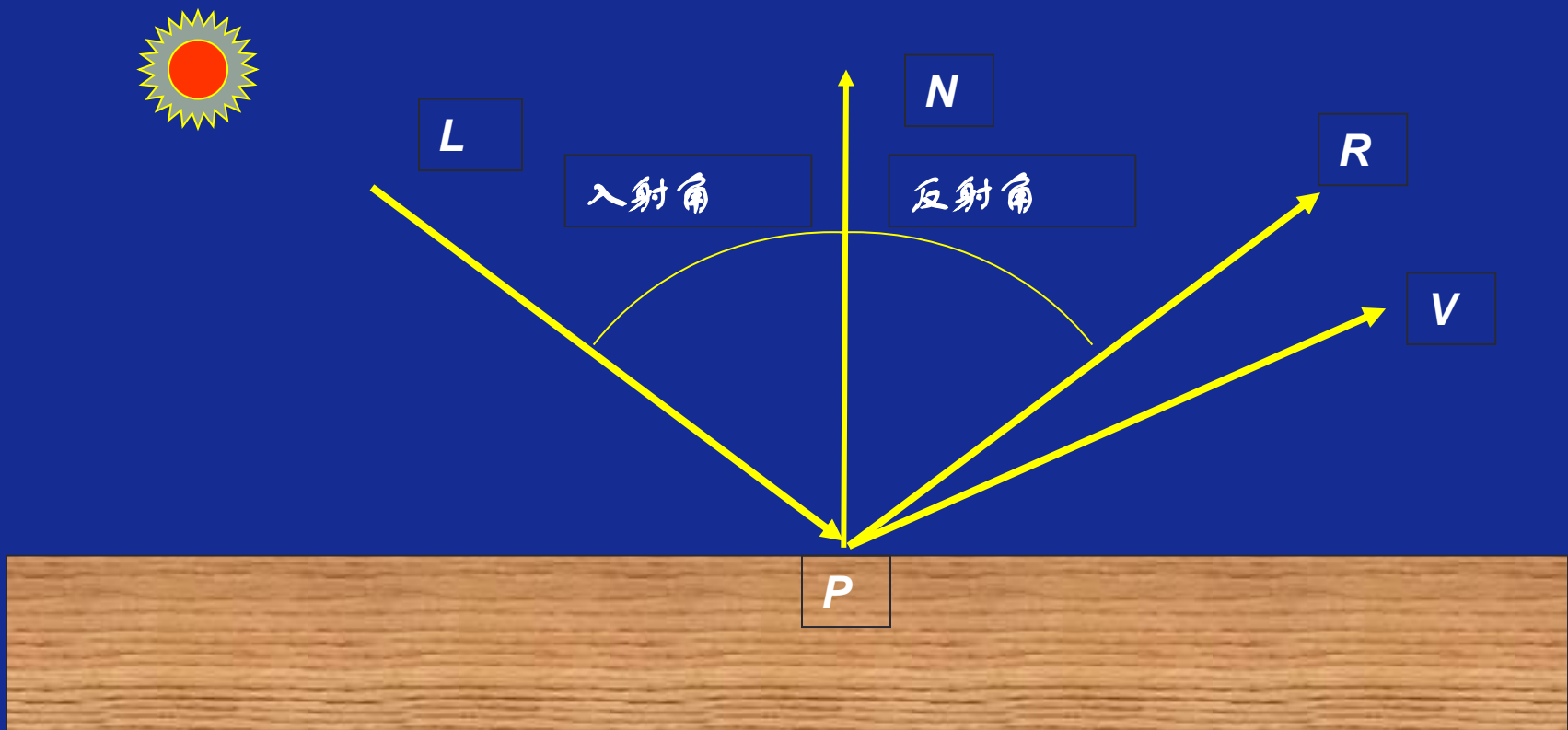


- $K_a$ 与 $K_d$ 值介于0-1之间的球面在暗灰色环境光与一个白色点光源照射下产生的漫反射





# 镜面反射





## 镜面反射

- **镜面反射光**的反射角等于入射角，分别位于表面的单位法矢量的两侧。
- 用 $R$ 表示镜面反射方向的单位矢量， $L$ 表示指向物体表面的单位矢量， $V$ 为指向视点的单位矢量， $\alpha$ 是 $V$ 与 $R$ 之间的夹角。
- 对于一个理想的镜面反射，入射光仅在镜面反射方向有反射现象，即仅当 $V$ 与 $R$ 重合时才能观察到反射光，而在其它方向都看不到反射光。事实上由于镜面的粗糙，在 $V$ 方向依然能看到反射光，只是随着 $\alpha$ 角的增大，反射光强逐渐减弱。
- Phong提出一个计算镜面反射光的经验公式，称为**Phong模型**。



# 镜面反射

## ■镜面反射光Specular Reflection

物体表面在点光源的照射下形成的亮点区域与反射角有关，表面越光滑，镜面反射越强。

■镜面反射方程（数学模型）：

$$I_s = k_s \cdot I_p \cdot \cos^n \alpha$$

其中， $K_s$  —— 与物体有关的镜面反射系数

$I_p$  —— 点光源的亮度； $I_s$  —— 观察到的反射光的亮度

$n$  —— 高光指数,反映物体表面的光泽程度,取值1~2000;对光亮表面取大 $n$ ,对暗淡表面取小 $n$ ； $\cos^n \alpha$  近似描述了镜面反射光的空间分布。



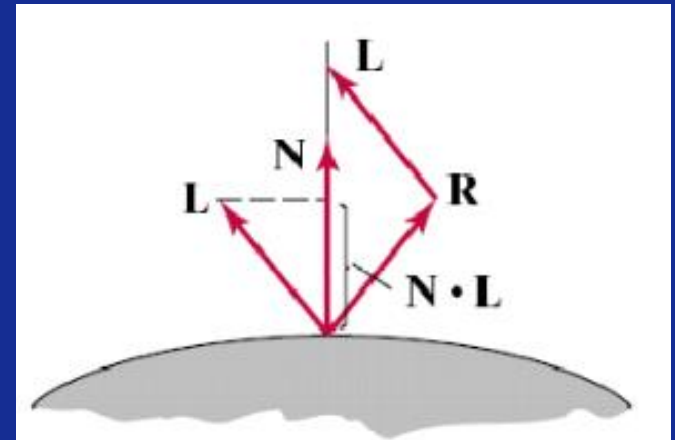
$$I_s = k_s I_p \cdot \cos^n \alpha$$

如果R和V已规范化为单位矢量，则 $\cos \alpha = R \cdot V$ ，则有

$$I_s = k_s I_p \cdot (R \cdot V)^n$$

其中

$$R = 2N \cos \theta - L$$





在实际编程实现时，取 $H \cdot N$ 来代替 $R \cdot V$ ， $H$ 取矢量 $L$ 和 $V$ 的平分矢量。

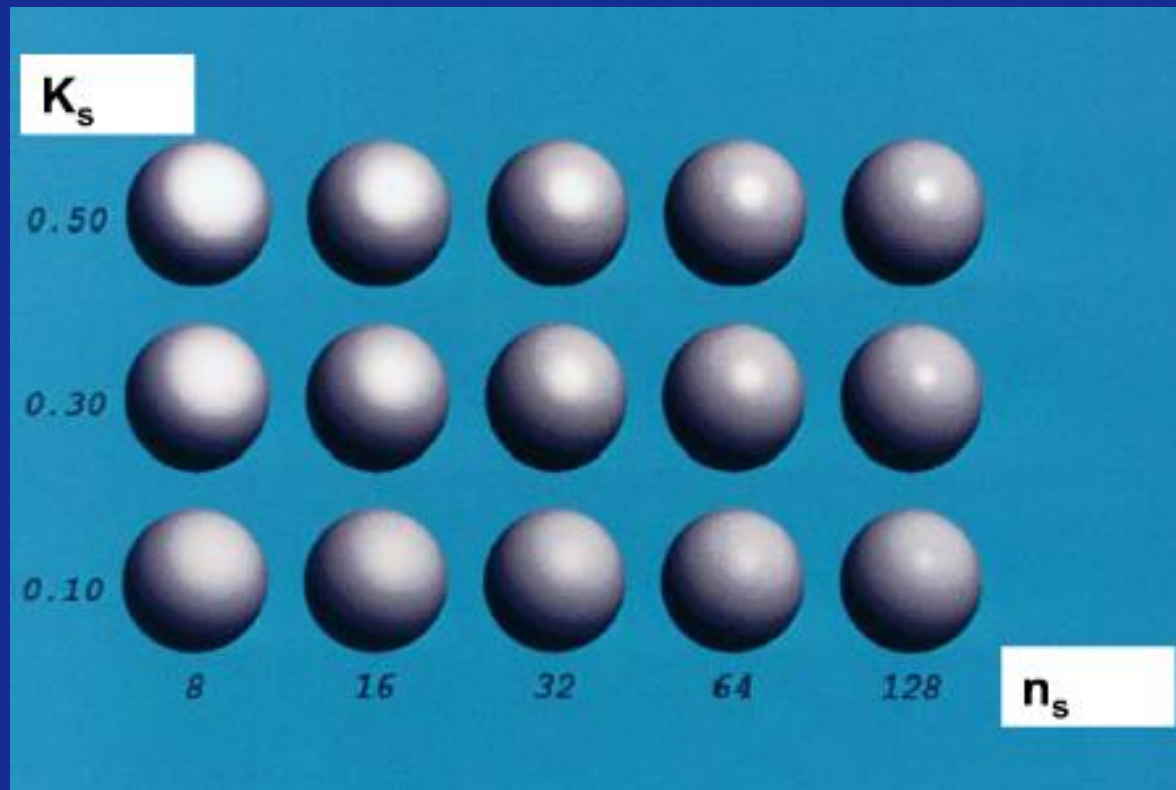
$$H = \frac{L + V}{|L + V|}$$

所以镜面反射光照模型表述为：

$$I_s = k_s \cdot I_p \cdot (H \cdot N)^n$$



对于不同的镜面参数值计算单个点光源场景中球面的镜面反射效果





## Phong光照模型

■环境光、单个漫反射光+镜面反射光光照模型为：

$$I = I_e + I_d + I_s = K_a I_a + K_d I_p (L \cdot N) + K_s I_p (N \cdot H)^n$$

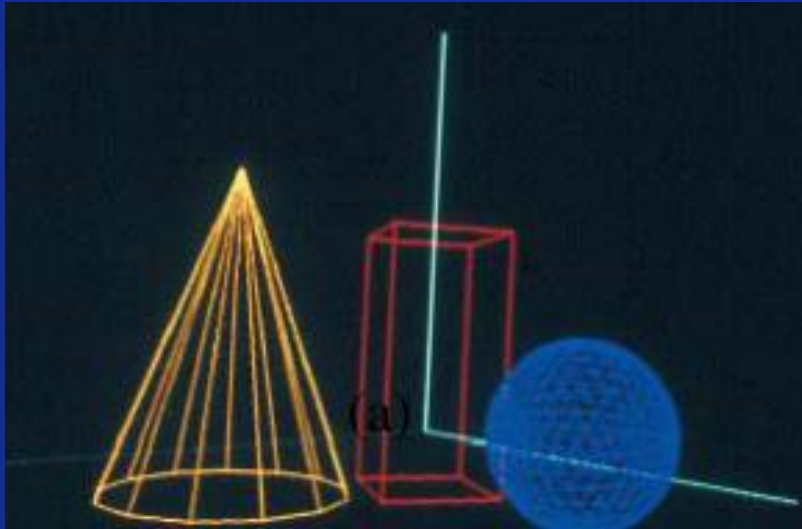
■环境光、多个漫反射光+镜面反射光光照模型为：

$$I = I_e + I_d + I_s = K_a I_a + K_d \sum_i I_{p,i} (L \cdot N) + K_s \sum_i I_{p,i} (N \cdot H)^n$$

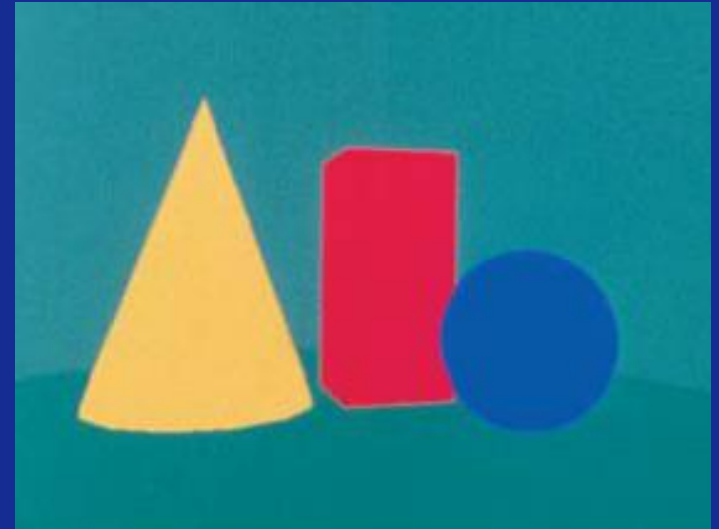
■N表面法线单位向量、L指向光源方向单位矢量、

■H理想镜面反射方向单位矢量,  $I_p$ 入射光强,  $I_a$ 环境光强





场景中的线框图



环境光



单个点光源，环境  
光和漫反射



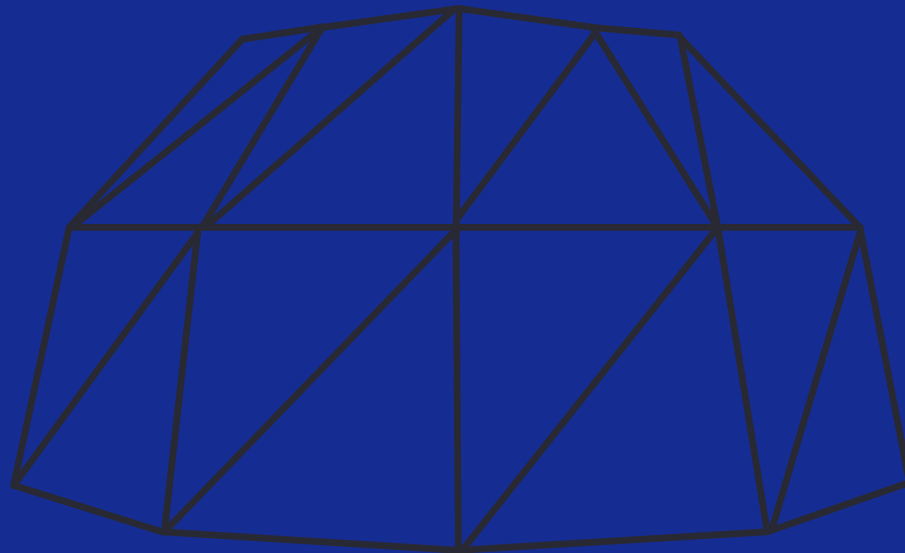
单个点光源，环境  
光和镜面反射





## 明暗处理

- 恒定颜色模型基本不能表达光照效果，需要使用渐变颜色模型，产生改进方法有两种：一种是对多边形顶点的颜色进行插值以产生中间各点的颜色，即Gouraud明暗处理；另一种是对多边形顶点的法矢量进行插值以产生中间各点的法矢量，即Phong明暗处理。



三角形或四边形的网格



## 明暗处理

### ■ Gouraud 明暗处理

- 根据三角形或平面四边形面片的**顶点颜色**使用双线性插值计算面片内每一点的光强；

### ■ Phong 明暗处理

- 根据面片顶点的**法向量**使用双线性插值计算面片内每一点的法向量后，才调用光照明模型计算该点的光强。



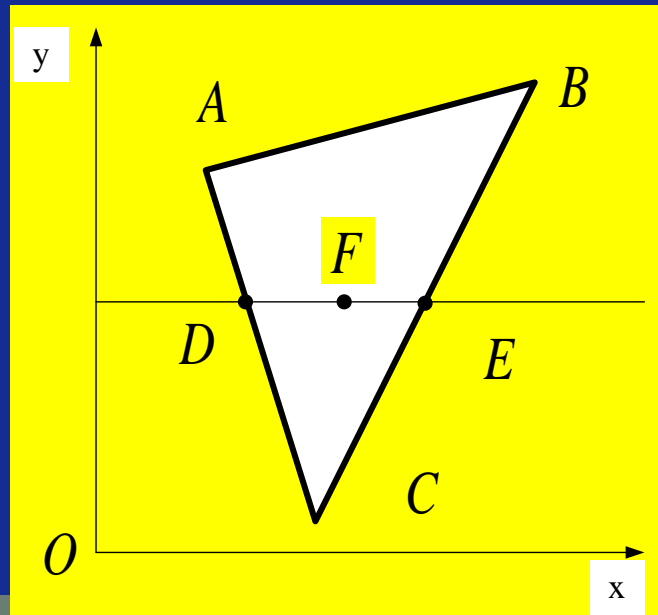
## Gouraud明暗处理

- **双线性光强**插值模型：先计算物体表面多边形各顶点的平均法矢量，然后调用简单光照明模型计算各顶点的光强，多边形内部各点的光强则通过对多边形顶点光强的双线性插值得到。



## Gouraud明暗处理

- 三角形的顶点为 $A(x_A, y_A)$ ，颜色为 $C_A$ ； $B(x_B, y_B)$ ，颜色为 $C_B$ ； $C(x_C, y_C)$ ，颜色为 $C_C$ 。任一扫描线与三角形边AC的交点为 $D(x_D, y_D)$ ，颜色为 $C_D$ ；与边BC的交点为 $E(x_E, y_E)$ ，颜色为 $C_E$ ， $F(x_F, y_F)$ 为DE内的任一点，颜色为 $C_F$ 。颜色渐变模型要求根据顶点A、B、C的颜色插值计算三角形内点F的渐变颜色。







边AC上的D点的渐变颜色为：

$$C_D = \frac{y_D - y_C}{y_A - y_C} C_A + \frac{y_A - y_D}{y_A - y_C} C_C$$

边BC上的E点的渐变颜色为：

$$C_E = \frac{y_E - y_C}{y_B - y_C} C_B + \frac{y_B - y_E}{y_B - y_C} C_C$$

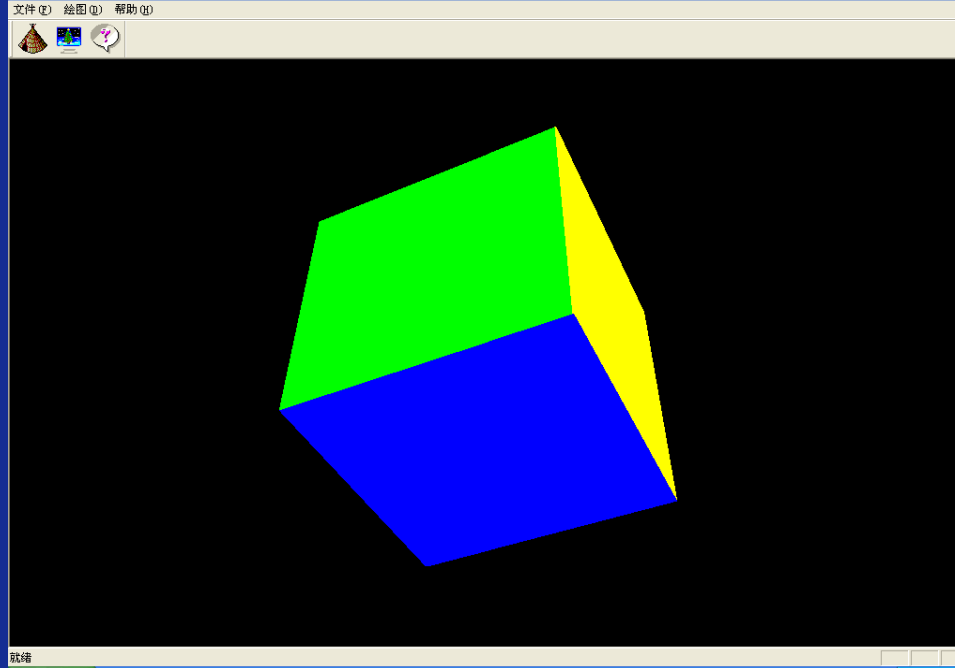
DE上的F点的渐变颜色为：

$$C_F = \frac{x_F - x_E}{x_D - x_E} C_D + \frac{x_D - x_F}{x_D - x_E} C_E$$

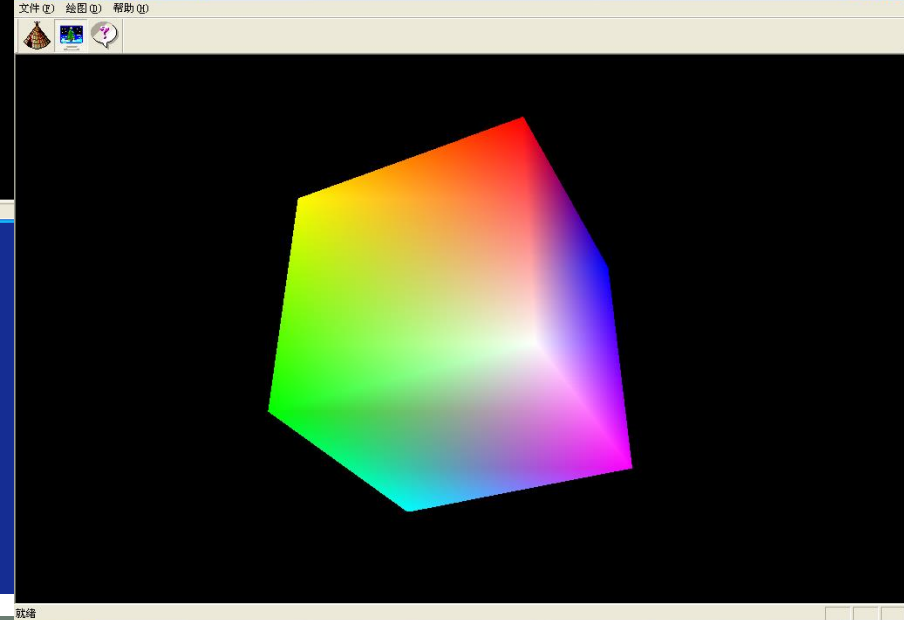




真实图形:平面明暗着色立方体



真实图形:光滑明暗着色立方体





# 明暗处理

## ■ Gouraud 明暗处理

- 根据三角形或平面四边形面片的**顶点颜色**使用双线性插值计算面片内每一点的光强；

## ■ Phong 明暗处理

- 根据面片顶点的**法向量**使用双线性插值计算面片内每一点的法向量后，才调用光照明模型计算该点的光强。



## 透明处理方法

- 前面介绍的光照模型假定所考虑的物体表面是不透明的。但有些物体是透明的，如水、玻璃等。一个透明物体的表面会同时产生反射光和折射光。当光线从一种传播介质进入另一种传播介质时，例如从空气进入水中时，光线会由于折射而产生弯曲。光线弯曲的程度由Snell定律决定。



## 光透射模型 (Refracting Model)

- 对于透明或半透明的物体，在光线与物体表面相交时，一般会产生反射与折射，经折射后的光线将穿过物体而在物体的另一个面射出，形成透射光。如果视点在折射光线的方向上，就可以看到透射光。
- 1980年Whitted提出了一个光透射模型：**Whitted模型**
- 1983年，Hall在此进一步给出Hall光透射模型，考虑了漫透射和规则透射光。



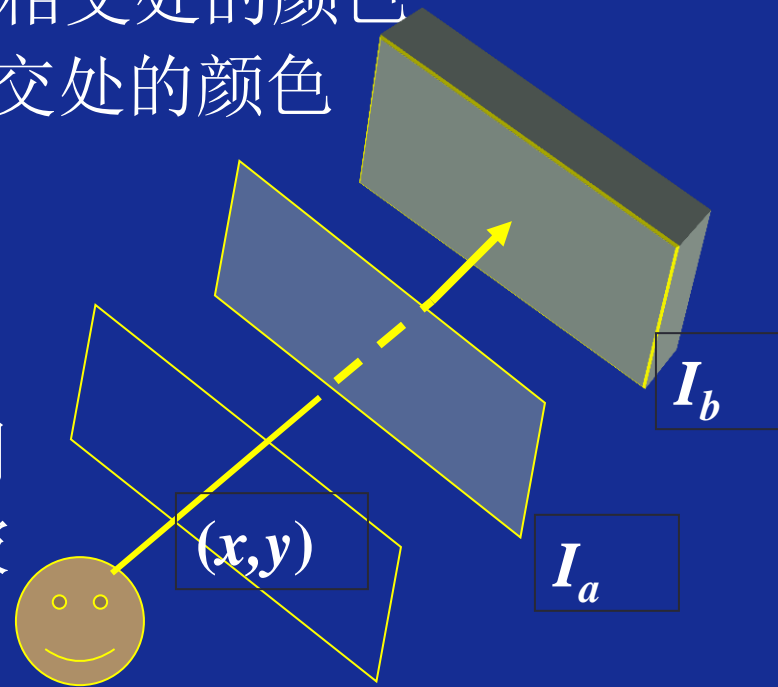
## 光透射模型 (Refracting Model)

### ■ 光透射的简单模型。

$$I = tI_b + (1 - t)I_a$$

- $I_a$  为过像素点  $(x, y)$  的视线与透明体相交处的颜色
- $I_b$  为视线穿过透明体与另一物体相交处的颜色
- $t$  为透明度,  $t = 1$  表示完全透明
- $t = 0$  表示完全不透明

由于未考虑透射光的折射，以及透明物体的厚度，颜色调和法只能模拟玻璃的透明或半透明效果。





## 光透射模型: Whitted模型

■在简单光照模型的基础上

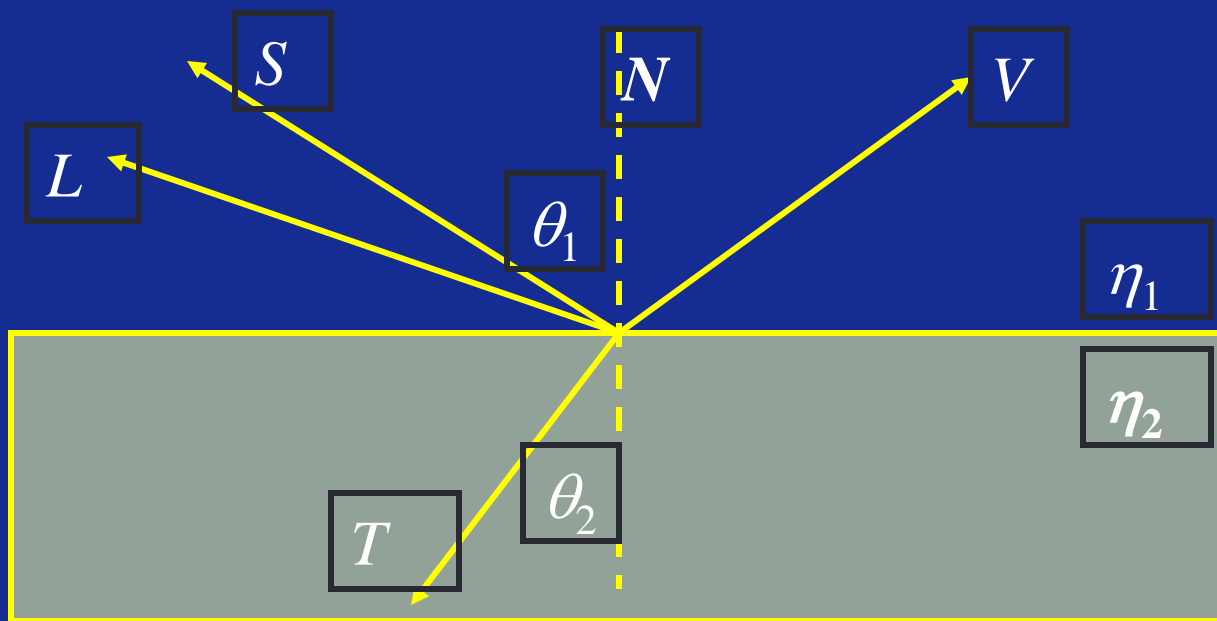
$$I = I_a K_a + I_p K_d (L \bullet N) + I_p K_s (H \bullet N)^n + I_t K'_t + I_s K'_s$$

$I_t$ 为折射方向的入射光强度,  $K'_t$ 为透射系数, 大小取决于材质;  $I_s$ 为镜面反射方向的入射光强度;  $K'_s$ 为镜面发射系数;



## 光透射模型: Whitted模型

■在简单光照模型的基础上



V — 视线；L — 入射光；S — 视线V的 镜面反射方向；  
T — 视线V的折射方向折射。



## 光透射模型: Hall模型

- Hall光透射模型是在Whitted光透射模型的基础上推广而来的，它能够模拟透射高光的效果，实际上，就是在Whitted模型的光强计算中加入光源引起的规则透射分量，同时还可以处理理想的漫透射。
- Hall用下面的式子处理理想漫透射：

$$I_{dt} = I_p \bullet K_{dt} \bullet (-N \bullet L)$$

其中， $I_p$  为点光源的强度； $K_{dt}$ 为物体的漫透射系数， $L$  为光源方向， $N$ 为面法向。





## 光透射模型: Hall模型

■Hall用下面的式子模拟透射高光现象：

$$I_t = I_p \bullet K_t \bullet (T \bullet V)^n$$

其中， $I_t$  规则透射光在视线方向的强度， $I_p$  为点光源的强度； $K_t$ 为物体的透明系数， $n$ 为反映物体表面光泽的常数。



## 简单光透射模型

- 结合简单光反射模型，由Whitted光透射模型和Hall光透射模型得到简单光反射透射模型：

$$I = K_a I_a + \sum_i I_{p,i} \left[ K_{ds} (L_i \cdot N) + K_s (H_{s,i} \cdot N)^{n_s} \right] \\ + \sum_j I_{p,j} \left[ K_{dt} (-N \cdot L_j) + K_t (H_{t,j} \cdot N)^{n_t} \right] + I_t K'_t + I_s K'_s$$

## 简单阴影模型

- 物体只要受到光照,就会产生阴影.阴影可以反映物体之间的相对位置,增强场景的立体感和层次感.



(a) 无阴影



(b) 球体悬浮



(c) 球体搁地面上



## 简单阴影模型

- 阴影由于物体截断了光线而产生的,如果光源位于物体的一侧,阴影总是位于物体的另一侧,也就是光源相反的一侧.如果视点与光源在同一方向上,得不到光照的阴影面时又看不到的隐藏面,不会产生阴影.
- 如果视点与光源不在同一方向上,那些从视点看过去是可见的,而从光源看过去是不可见的面,落在阴影区域之内.



## 简单阴影模型

- 隐面算法确定哪些表面从**视点**看过去不可见,而阴影算法确定哪些表面从**光源**看过去不可见

- 阴影多边形算法

- (1) 根据视点原来的观察位置,对物体实施隐面算法,使用正常的光照模型计算光强来绘制可见表面;

- (2) 将视点移到光源位置.从光源处向物体所有背光面透射光线,建立光线的参数方程,计算该光线与投影面的交点,使用深灰色填充交点所构成的阴影多边形,形成透射阴影.对于物体的表面,如果在阴影区域内部,则该表面的光强就只有环境光一项;否则就用正常的光照模型计算光强.



## 纹理及纹理映射 (Texture Mapping)

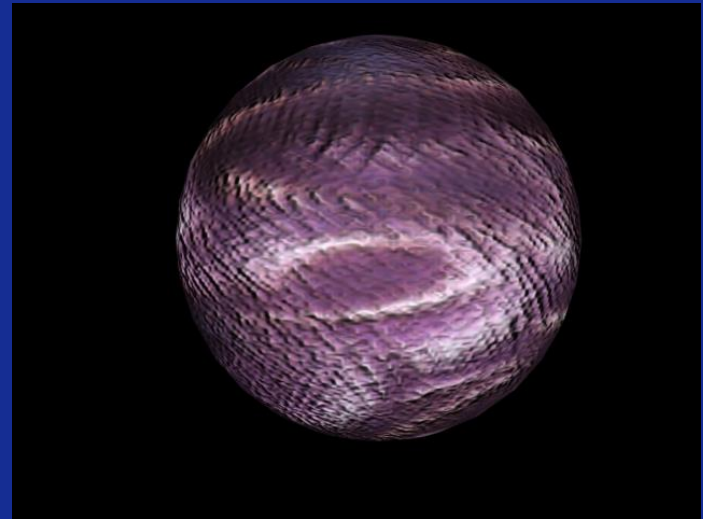
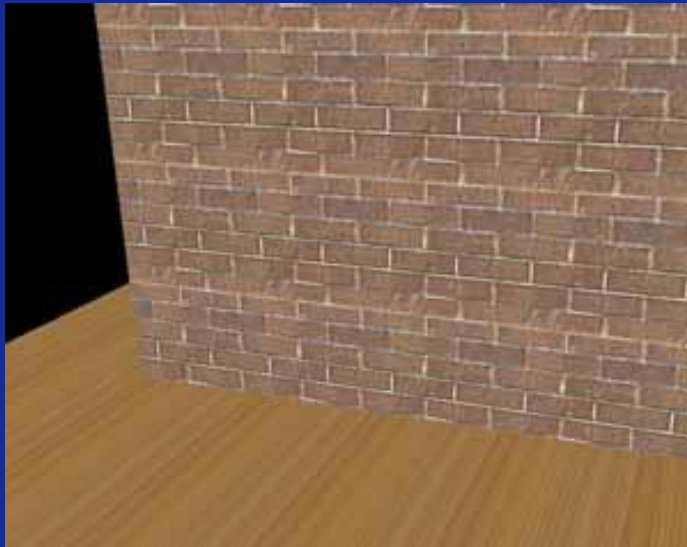
- 在现实世界中的物体，其表面通常有它的表面细节，即各种**纹理**(Texture)。
- 通过颜色色彩或明暗度变化体现出来的表面细节，这种纹理称为**颜色纹理**。如刨光的木材表面上有木纹，建筑物墙壁上有装饰图案，机器外壳表面有文字说明它的名称、型号等。
- 另一类纹理则是由于不规则的细小凹凸造成的，例如桔子皮表面的皱纹，称为**几何纹理**或称**凹凸纹理**。



## 纹理及纹理映射 (Texture Mapping)

可用如下两种方法来定义纹理：

- **图象纹理**：将二维纹理图案映射到三维物体表面，绘制物体表面上一点时，采用相应的纹理图案中相应点的颜色值。
- **函数纹理**：用数学函数定义简单的二维纹理图案，如方格地毯。或用数学函数定义随机高度场，生成表面粗糙纹理即几何纹理。

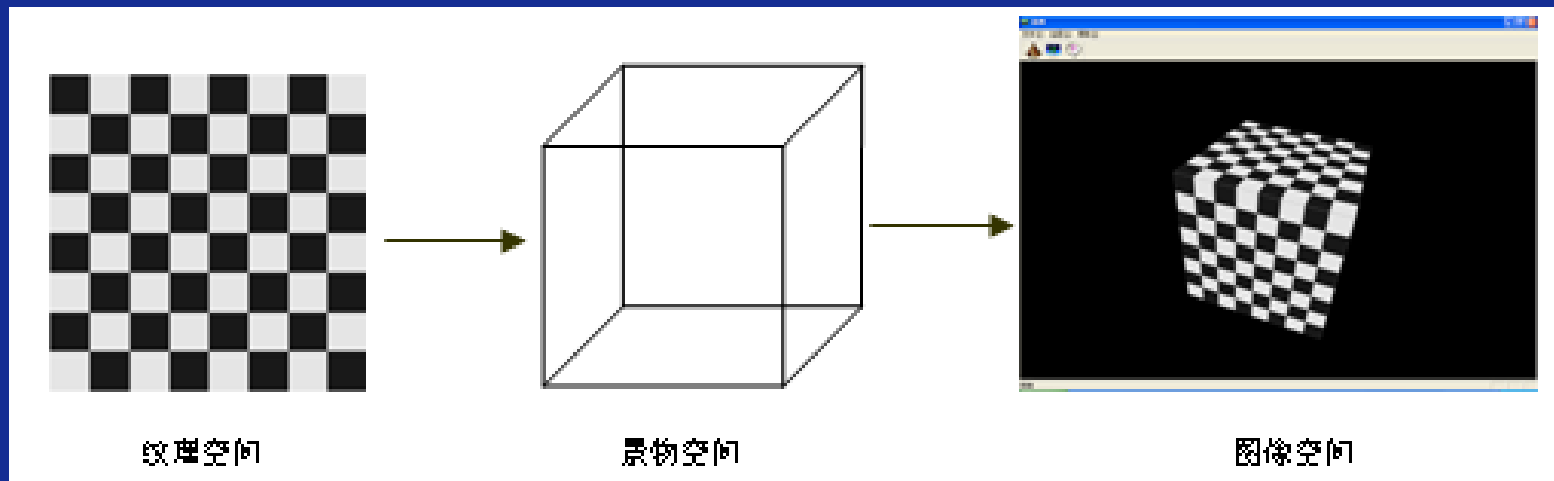




## 纹理及纹理映射

■ **纹理映射**：将二维的纹理映射到三维物体上去。

- 纹理映射 (Texture Mapping) 是将纹理空间的  $(u, v)$  坐标映射到三维景物空间  $(x, y, z)$  坐标，再进一步映射到屏幕图像空间定义的二维物体表面上  $(x, y)$  坐标的过程。如图所示。







## 纹理及纹理映射 (Texture Mapping)

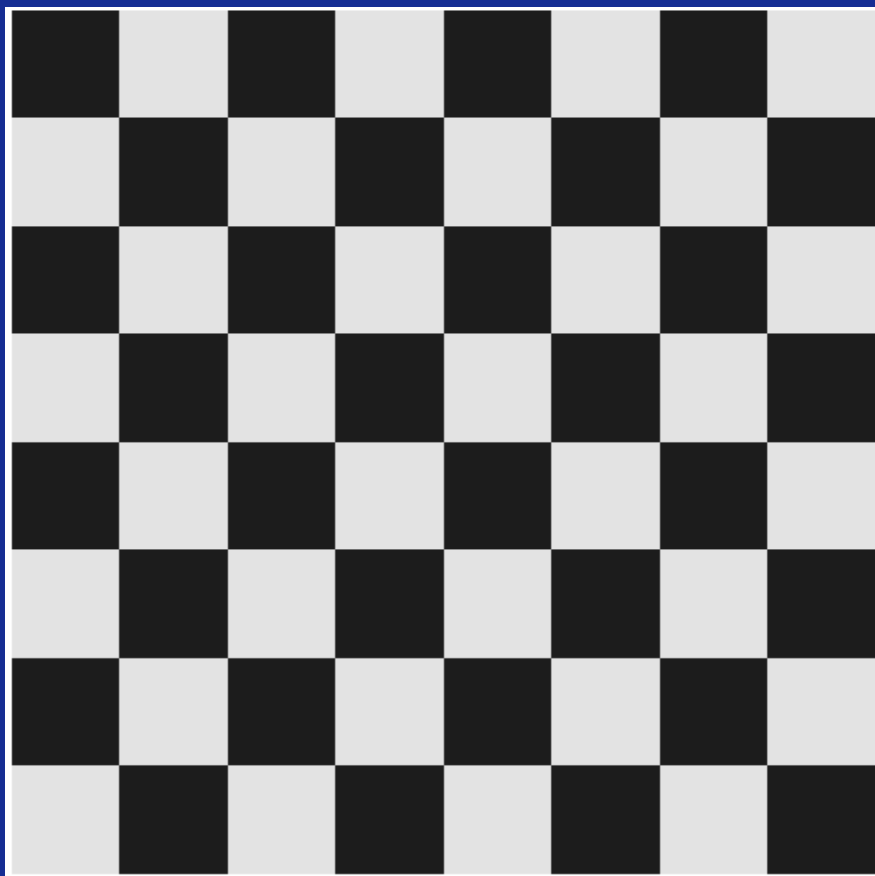
- 在纹理映射技术中，最常见的纹理是**二维纹理**。映射将这种纹理变换到三维物体的表面，形成最终的图象
- 二维纹理的函数

$$g(u, v) = \begin{cases} b & [u \times 8] + [v \times 8] \text{为奇数} \\ a & [u \times 8] + [v \times 8] \text{为偶数} \end{cases}$$



## 纹理及纹理映射 (Texture Mapping)

- 它的纹理图象模拟国际象棋上黑白相间的方格：



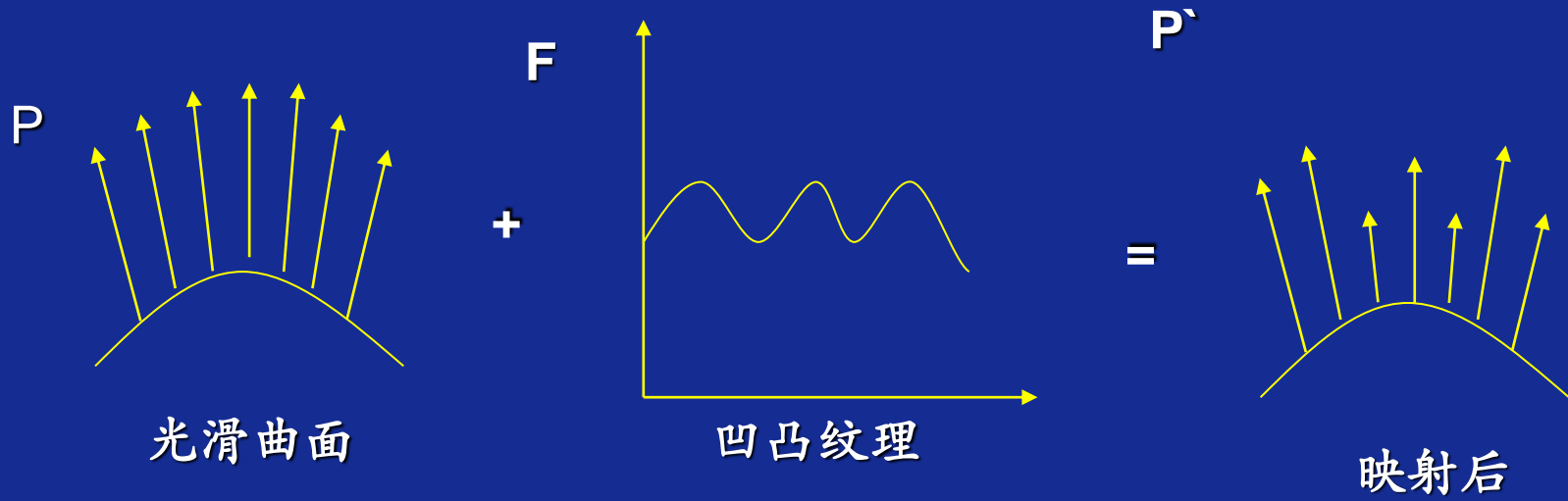


## 纹理及纹理映射

- **几何纹理**：为了给物体表面图象加上一个粗糙的外观，我们可以对物体的表面几何性质作微小的扰动，来产生凹凸不平的细节效果，就是几何纹理的方法。
- 定义一个纹理函数 $F(u,v)$ ，对理想光滑表面 $P(u,v)$ 作不规则的位移，具体是在物体表面上的每一个点 $P(u,v)$ ，都沿该点处的法向量方向位移 $F(u,v)$ 个单位长度，这样新的表面位置变为：

$$P'(u,v) = P(u,v) + F(u,v) * N(u,v)$$

其中 $N(u,v)$ 为随机扰动函数





## 整体光照明模型：光线跟踪算法

- 由光源发出的光到达物体表面后，产生反射和折射，简单光照明模型中，发射光被分为理想漫反射和镜面反射，简单透射模型把透射光分为理想漫透射光和规则透射光。
- 最基本的光线跟踪算法是跟踪**镜面反射和折射**。从光源发出的光遇到物体的表面，发生反射和折射，光就该边方向，沿着反射方向和折射方向继续前进，直到遇到新物体。
- 实际光线跟踪算法的跟踪方向与光传播方向是**相反**的，是一种视线跟踪。



## 本章小结

- 为生成真实感图形，通过为三维物体表面添加材质、光照、阴影和纹理等。
- 简单光照明模型中漫反射率决定了物体的颜色，镜面高光只反映光源的颜色。镜面发射率与物体表面的材质无关。
- 为实现曲面光滑着色，Gourand明暗处理或Phong明暗处理
- 透明处理
- 阴影是将视点移动到光源位置的消隐过程
- 纹理映射



